

А. Г. Орлов*, Г. А. Орлов

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

*alor110@mail.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ТРУБ

В работе рассмотрены комплексные показатели качества горячекатаных труб. Проведено сравнение средневзвешенных арифметических, геометрических комплексных показателей и полученных с использованием вероятностей попадания показателей в допускаемые интервалы на примере труб нефтяного сортамента. Показано, что все показатели имеют близкие значения. Проведена комплексная оценка свойств труб, полученных по действующей и усовершенствованной технологии, оценено влияние улучшения отдельных показателей на качество проката в целом.

Ключевые слова: горячекатаные трубы, комплексная оценка качества, показатели качества, вероятностный подход к оценке качества.

A. G. Orlov, G. A. Orlov

EVALUATION OF THE QUALITY OF HOT-ROLLED TUBES

The evaluation quality rating of hot-rolled pipes using complex quality indicators is considered. The weighted average of arithmetic and geometric complex indicators as well as with probabilistic indicators of access to allowable intervals on the example of pipes are compared. It is shown that all the indicators have similar values. A complex rating of the properties of pipes manufactured by current and improved technologies was conducted. The impact of individual indicators on the quality of pipes as a whole was estimated

Key words: hot-rolled pipes, complex quality rating, quality indicators, probabilistic approach to quality rating.

В последние десятилетия получил развитие комплексный подход к оценке качества металлопродукции, основанный на принципах квалиметрии [1]. Комплексная оценка качества металлопродукции проведена, например, в работах [2–5] и многих других. Для комплексной оценки качества применяется чаще всего два подхода: первый предусматривает нормирование показателей качества в интервале 0–1, соответствующем разбросу допускаемых значений свойств [2–4]; второй использует вероятностный характер распределения данного свойства

в допускаемом интервале, а показатели качества как случайные величины оцениваются по вероятности попадания значений свойств в заданный интервал [5]. Данная статья посвящена сравнению этих двух подходов на примере оценки качества горячекатаных труб (наружный диаметр 73 мм; толщина стенки 5,5 мм; марка стали 20).

В соответствии с методологией комплексной оценки качества [1] построили иерархическую структуру показателей качества («дерево свойств») и определили 16 единичных показателей качества.

Для большинства выбранных единичных показателей качества, ГОСТами определены минимальные x_{\min} и максимальные x_{\max} предельные значения; относительно них определили эталонные $x_э$ и браковочные $x_{бр}$ значения свойств в натуральном выражении. Эталонные значения свойств соответствуют более высокой категории качества труб либо по рекомендации [2] принимаются на 20–30 % лучшие, чем предельные значения, допускаемые ГОСТом. Браковочные значения выбирались на 2–3 % хуже по сравнению с допускаемыми ГОСТами значений.

Нормирование показателей качества провели по следующим формулам.

- Если увеличение значения свойства x приводит к повышению качества (например, механические свойства), $x_э > x_{бр}$:

$$k = \frac{x - x_{бр}}{x_э - x_{бр}}. \quad (1)$$

При расчете по формуле (1) выполняются предельные условия: при $x = x_{бр}$ $k = 0$ (брак); при $x = x_э$ $k = 1$ (отличное качество).

- При расчете показателей точности по величине допускаемых отклонений можно принять $x_э = 0$, и формулу (1) использовать в виде

$$k = 1 - \frac{x}{x_{бр}}.$$

- Если увеличение значения свойства приводит к понижению качества (например, содержание вредных примесей в сплаве), $x_э < x_{бр}$:

$$k = \frac{x_{бр} - x}{x_{бр} - x_э}. \quad (2)$$

Формула (2) дает те же предельные условия, что и формула (1).

Далее для вычисления комплексного показателя качества определили коэффициенты значимости (важности) единичных свойств экспертным методом по опросу 12 экспертов — специалистов в данной об-

ласти — по 10-балльной оценке важности выбранных свойств. Коэффициент значимости i -го свойства определили по формуле $a_i = \frac{B_i}{\Sigma B_i}$,

где B_i — средний балл для значимости i -го свойства; ΣB_i — сумма средних баллов, присвоенных всеми экспертами [1].

Для комплексной оценки качества продукции обработали данные результатов прокатки и испытаний свойств двух партий из 20 труб номинальными размерами $73 \times 5,5$ мм, прокатанных на ТПА-80 по действующей и усовершенствованной технологии. Определили статистические характеристики свойств: средние арифметические значения \bar{x}_1 , \bar{x}_2 , дисперсии σ_1^2 , σ_2^2 , средние квадратические отклонения σ_1 и σ_2 (индекс 1 соответствует действующей, 2 — усовершенствованной технологии). Далее в соответствии с первым из вышеперечисленных подходов рассчитали комплексные показатели качества продукции k_0 для двух вариантов по формулам средневзвешенного арифметического и средневзвешенного геометрического для среднеарифметических значений единичных свойств.

Средневзвешенный арифметический комплексный показатель качества рассчитали по известной формуле для двух вариантов [1]:

- 1-й вариант (действующая технология)

$$k_0 = \sum_{i=1}^{16} k_i a_i = 0,405;$$

- 2-й вариант (усовершенствованная технология)

$$k_0 = \sum_{i=1}^{16} k_i a_i = 0,613.$$

Средневзвешенный геометрический комплексный показатель качества также был рассчитан для двух вариантов:

- 1-й вариант

$$k_0 = \prod_{i=1}^{16} k_i^{a_i} = 0,427;$$

- 2-й вариант

$$k_0 = \prod_{i=1}^{16} k_i^{a_i} = 0,637.$$

Таким образом, по второму варианту комплексные показатели намного выше, что связано с повышением точности геометрии труб, повышением ударной вязкости и твердости за счет повышенных обжатий

при прокатке со снижением расхода металла из-за уменьшения концевой обреза.

При использовании второго подхода каждое свойство x рассматривают как нормально распределенную случайную величину с параметрами распределения \bar{x} и σ . В таком случае вероятность попадания величины x в допускаемый интервал $(x_{\min}-x_{\max})$ вычисляется с помощью функции нормального распределения (функции Лапласа)

$$P(z_{\min} < z < z_{\max}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad (3)$$

где z — нормированная (относительная) случайная величина (свойство), $z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$.

При односторонних ограничениях на величину свойств используются формулы, аналогичные формуле (3):

$$P(z_{\min} < z) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_{\min}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

$$P(z < z_{\max}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_{\max}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

Далее, принимая показатели качества равными соответствующим вероятностям $k_i = p_i$, определили комплексные показатели качества для двух вариантов по формуле $k_0 = \prod_{i=1}^{16} p_i$. По первому варианту получили значение 0,415, по второму — 0,627.

Видно, что комплексный показатель, вычисленный на основе вероятностного подхода, принимает промежуточное значение между среднеарифметическим и среднегеометрическим показателями. В целом оба подхода дали примерно одинаковые результаты, что говорит об их работоспособности и взаимозаменяемости.

Оценку полученных значений комплексных показателей качества сделали по шкале желательности Харрингтона [6]: диапазон значений 0,4–0,6, в который попали показатели действующей технологии, отвечает допустимому и достаточному уровню качества в соответствии с нормативной документацией. Показатели усовершенствованной технологии оказались выше 0,6, что соответствует допустимому и хорошему уровню качества.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Азгальдов Г. Г., Костин А. В., Садовов В. В. Квалиметрия для всех : учеб. пособие. М. : ИнформЗнание, 2012. 165 с.
- 2 Гун Г. С. Управление качеством высокоточных профилей. М. : Metallurgia, 1984. 152 с.
- 3 Разработка теории квалиметрии метизного производства / Г. Ш. Рубин [и др.] // Черные металлы. 2012. № 7. С. 15–21.
- 4 Выбор характеристик для отображения влияния химсостава стали на показатели механических свойств и микроструктуры высокоуглеродистой катаной катанки / И. Г. Шубин [и др.] // Вестник МГТУ им. Г. И. Носова. 2008. № 3. С. 34–38.
- 5 Стеблов А. Б. Комплексный показатель качества металлопроката и его применение // Литье и металлургия. 2017. № 1 (86). С. 97–102.
- 6 Новик Ф. С., Арсов Я. Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. М. : Машиностроение, 1980. 304 с.